

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-32550

(P2008-32550A)

(43) 公開日 平成20年2月14日(2008.2.14)

(51) Int.Cl.
G01N 27/22 (2006.01)F I
G O I N 27/22テーマコード (参考)
2 G O 6 0

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2006-206638 (P2006-206638)
(22) 出願日 平成18年7月28日 (2006.7.28)(71) 出願人 594142311
株式会社ティアンドデイ
長野県松本市大字笹賀5652番地169
(74) 代理人 100102934
弁理士 今井 彰
(72) 発明者 両角 章夫
長野県松本市大字笹賀5652番地169
株式会社ティアンドデイ内
(72) 発明者 塚中 猛
長野県松本市大字笹賀5652番地169
株式会社ティアンドデイ内
(72) 発明者 二木 真弥
長野県松本市大字笹賀5652番地169
株式会社ティアンドデイ内
Fターム(参考) 2G060 AA14 AB02 AC01 AF10 AG06
AG10 HA03 HC07 HC10

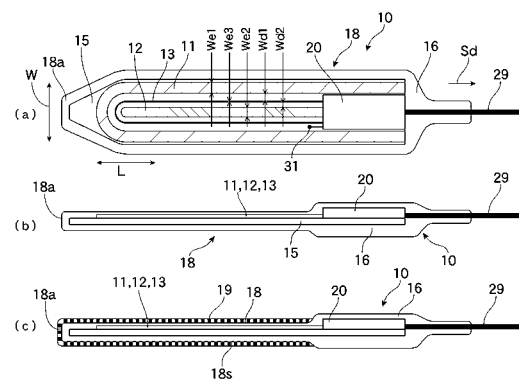
(54) 【発明の名称】 静電容量型の検出装置

(57) 【要約】

【課題】周辺の物質の誘電率の変化に対する感度の高い静電容量型のセンサーを提供する。

【解決手段】第1の電極11と第2の電極12との間の静電容量 C_m の変化に基づく検出信号を出力するためのセンサー10を提供する。センサー10は、第1の電極11および第2の電極12を内部に含み、モールド樹脂16により平板状に成形されたプレート部分18を備えている。電極11および12はプレート部分18の幅方向Wに並列に配置されている。さらに、第1の電極11および第2の電極12の間に第3の電極13が配置され、第3の電極13の幅 W_{e3} は、第2の電極12の幅 W_{e2} よりも小さく、第3の電極13と第2の電極12との間隔 W_{d2} は、第3の電極13と第1の電極11との間隔 W_{d1} よりも狭い。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 の電極と第 2 の電極との間の静電容量の変化に基づく検出信号を出力するための装置であって、

平坦な前記第 1 の電極および前記第 2 の電極を内部に含み、非導電性材により平板状に成形されたプレート部分であって、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の少なくとも一部が当該プレート部分の面に沿って並列に配置されているプレート部分と、

前記プレート部分において並列に配置された前記第 1 の電極および前記第 2 の電極の間に配置された第 3 の電極とを有し、

前記第 3 の電極の幅は、前記第 2 の電極の幅よりも小さく、前記第 3 の電極と前記第 2 の電極との間隔は、前記第 3 の電極と前記第 1 の電極との間隔よりも狭い、装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記プレート部分は短冊状であり、前記第 1 の電極および前記第 2 の電極は帯状であり、前記プレート部分の幅方向に並列に配置されている、装置。

【請求項 3】

請求項 1 において、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の静電容量と R C 回路を形成するための第 1 の抵抗成分と、

前記 R C 回路に周波数成分を含む電力を供給するための駆動回路と、

前記 R C 回路の時定数の変化に基づき前記検出信号を生成するための回路とをさらに有し、

前記第 2 の電極は前記第 1 の抵抗成分を介して前記駆動回路に接続され、前記第 3 の電極は前記駆動回路に接続されている、装置。

【請求項 4】

請求項 3 において、前記第 3 の電極と前記駆動回路とを接続するための第 2 の抵抗成分をさらに有する、装置。

【請求項 5】

請求項 3 において、前記生成するための回路は、前記第 1 の抵抗成分の両端の信号の排他的論理和を演算するための E X O R 回路と、この E X O R 回路の出力を平滑するための回路とを含む、装置。

【請求項 6】

請求項 1 において、前記プレート部分に配置された温度測定用のサーミスタをさらに有する、装置。

【請求項 7】

請求項 1 において、前記プレート部分の外側に配置された液体を吸収するための層をさらに有する、装置。

【請求項 8】

請求項 1 において、前記プレート部分の外側に配置された多孔質の層をさらに有する、装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の装置と、

前記検出信号に基づき前記プレート部分が接している部分の水分量を推定する機能を含む装置とを有するシステム。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、土壌の水分量などの誘電体の存否などを検出するための装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

特許文献 1 には、グランドプレート、センサプレート及びシールドプレートとを含み

10

20

30

40

50

、検出されるべき物品が該プレートに接近した時、該物品と協働して該物品が接近するに従って変化するキャパシタンスを呈するように設けられた3つのプレートと、周波数が前記キャパシタンスの関数であるオシレータと、その中央コンダクタンスが前記センサープレートに接続され、そのインナーシールドが前記シールドプレートに接続され、そのアウターシールドが前記グランドプレートに接続された1本の3重同軸ケーブルとを含むセンサシステムが記載されている。

【0003】

特許文献1の図1および図2を参照すると、この発明のセンサはグランドプレート1、センシングプレート2と、シールドプレート3を有し、これらのプレートは積層され、センシングプレート2とシールドプレート3との間にガラスの層がある。シールドプレート3は、インナーシールド9を介してボルテージフォロワ14により駆動される。

10

【0004】

特許文献2には、被検出誘電体との間に非導電性隔壁を隔てて配置された検出電極に抵抗を介して矩形波電圧を印荷し、前記抵抗と被検出誘電体とを経由するRC回路による前記検出電極での矩形波電圧の立ち上り立ち下りの時間的遅れに基づいて検出信号を出力するようにした水分検出装置であって、前記検出電極に印荷される矩形波電圧と同位相且つ同周波数の矩形波電圧が印荷される第二電極を備えており、この第二電極の電位により、前記隔壁に沿って層状に存在する水などの誘電体を経由するRC回路を遮断するようにした、水分検出装置が記載されている。この水分検出装置が、被検出物を収容するタンクに配設される場合は、タンク壁に対して適当距離を隔てて当該タンク内に接地電極が配置され、前記検出電極と接地電極との間に被検出物を経由する前記RC回路が形成されるようにすることが記載されている。

20

【0005】

特許文献3には、基板検出位置に基板が存在するか否かを基板に非接触で検出するための基板検出装置であって、前記基板検出位置から間隔を開けた位置に非導電性隔壁を隔てて配置される検出電極、およびこの検出電極を取り囲んで配置され、前記非導電性隔壁を隔てて前記基板検出位置に対向し、前記非導電性隔壁の表面に沿う電界成分を排除するためのガード電極を備えた基板検出プローブと、前記検出電極に抵抗を介して矩形波電圧を印加するとともに、前記抵抗および前記検出電極を経由して対地間に形成されるRC回路の時定数を検出することにより、前記基板検出位置における基板の有無を検出する基板検出回路と、前記ガード電極に、前記検出電極に印加される矩形波電圧と同位相かつ同電位の矩形波電圧を印加するガード電極用矩形波印加回路とを含むことを特徴とする基板検出装置が記載されている。

30

【特許文献1】特表平8-510093号公報

【特許文献2】特開2000-65775号公報

【特許文献3】特開2001-68534号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

静電容量の変化により基板の有無あるいは水の有無を確認する程度の精度であれば、特許文献2あるいは3に記載されているような対地間に形成されるRC回路の時定数を検出する程度の検出装置で良い。例えば、水の有無の代わりに、土壌の水分量を把握することなどを目的とする装置においては、静電容量の変化を精度良く検出する必要がある。そのためには、静電容量に関与する電極の面積は固定されていることが望ましい。そのような装置の一例は、静電容量を形成するための両方の電極が一体になっている検出部分を含む装置である。しかしながら、特許文献1に記載されているようなプレート状の電極を積層したタイプでは、静電容量のほとんどが積層されている部分で決まり、外界の影響により静電容量が変動する割合は少ない。したがって、外界の物体の誘電率の変化を精度良く検出することは難しい。

40

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 7 】

本発明の一態様は、第 1 の電極と第 2 の電極との間の静電容量の変化に基づく検出信号を出力するための装置であって、平坦な第 1 の電極および第 2 の電極を内部に含み、非導電性材により平板状に成形されたプレート部分であって、第 1 の電極および第 2 の電極の少なくとも一部が当該プレート部分の面に沿って並列に配置されているプレート部分と、プレート部分において並列に配置された第 1 の電極および第 2 の電極の間に配置された第 3 の電極とを有し、第 3 の電極の幅は、第 2 の電極の幅よりも小さく、第 3 の電極と第 2 の電極との間隔は、第 3 の電極と第 1 の電極との間隔よりも狭い装置である。

【 0 0 0 8 】

この装置においては、静電容量を形成するための平坦な第 1 および第 2 の電極は、非導電性材、例えば、樹脂あるいはガラスにより平板状に形成されたプレート部分の内部に、プレート部分の厚み方向に積層される代わりに、プレート部分の面に沿って、例えば、幅方向に並列に配置されている。すなわち、プレート部分の内部において、第 1 および第 2 の電極は、それぞれ平坦な面が対向しないように、それぞれの電極の平坦な面がプレート部分の平坦な面と平行するように、並列に配置されている。したがって、これらの電極の平坦な面に対して垂直な方向に出る電気力線はプレート部分の外側に延び、プレート部分の外側に存在する液体、気体、固体などを含む物質の誘電率の影響を受ける。このため、第 1 および第 2 の電極の間の静電容量は、プレート部分の周辺、すなわち、外側に存在する物質の誘電率の影響を受けて変動しやすい。

【 0 0 0 9 】

さらに、この装置は、プレート部分において並列に配置された第 1 の電極および第 2 の電極の間に配置された第 3 の電極を有する。この第 3 の電極は、第 1 の電極の一部との間に静電容量を形成し、第 1 および第 2 の電極の間の電気力線がプレート部分の内部を通過するのを阻害する。その結果、第 1 および第 2 の電極の間の静電容量は、プレート部分の周辺の影響を受け易くなり、静電容量の変化量（変化率）を大きくできる。

【 0 0 1 0 】

この装置においては、第 1 および第 2 の電極との間に、プレート部分の周辺を経由した静電容量を含めた R C 回路が形成され、周辺に存在する物質の誘電率の変化による静電容量の変化を検出するものである。したがって、第 3 の電極は、プレート部分の外側の物質を経由する R C 回路を遮断するためのものではなく、また、プレート部分の表面に沿った電界成分を排除するためのものでもない。そのため、第 3 の電極の幅は、第 2 の電極の幅よりも小さく、第 3 の電極と第 2 の電極との間隔は、第 3 の電極と第 1 の電極との間隔よりも狭い。すなわち、第 1 および第 3 の電極の間の電気力線の広がり、第 1 および第 2 の電極の間の電気力線をプレート部分の外側に広げる程度のもので良く、第 3 の電極の幅（面積）を大きくすることは、グランド側となる第 1 の電極の有効幅（面積）を減らすことに繋がる。したがって、第 3 の電極の幅は、センサー側となる第 2 の電極の幅よりも小さくすることが好ましい。また、第 3 の電極を、第 1 および第 2 の電極の中央に配置するよりも、センサー側となる第 2 の電極に近づけて配置した方が、第 1 および第 2 の電極の間の電気力線をプレート部分の外側に広げる効果を得易い。

【 0 0 1 1 】

プレート部分の典型的な形態は短冊状のものであり、平坦な第 1 の電極および第 2 の電極の典型的な形態は、それぞれの電極が帯状であり、プレート部分の幅方向に並列に配置されているものである。プレート部分の外側の物質に起因する静電容量の変動を大きくするためには、第 1 および第 2 の電極の間の電気力線の長さが短いことが望ましく、さらに、第 1 および第 2 の電極の電極面積は大きいことが望ましい。短冊状のプレート部分と、帯状の電極は、それらの条件を満たす好適な形態の一例であり、また、地面に挿し易い形態なので、土壌の水分を検出するための装置に適している。

【 0 0 1 2 】

第 1 および第 2 の電極の間の静電容量の変化を検出するための好適な方法は R C 回路を形成し、その時定数により変化する信号を得ることである。すなわち、この装置は、第 1

10

20

30

40

50

の電極と第 2 の電極との間の静電容量と R C 回路を形成するための第 1 の抵抗成分と、R C 回路に周波数成分を含む電力を供給するための駆動回路と、R C 回路の時定数の変化に基づき検出信号を生成するための回路とをさらに有することが望ましい。この装置において、第 2 の電極を検出用の抵抗である第 1 の抵抗成分を介して駆動回路に接続し、第 3 の電極を駆動回路に接続することにより、グランド側となる第 1 の電極と第 3 の電極の間に、第 1 の電極とセンサー側となる第 2 の電極の間の電気力線（検出用の電場）をプレート部分の外側に広げるのに適した電気力線（補助の電場）を形成できる。

【0013】

第 3 の電極は、センサー側となる第 2 の電極の近傍に配置される。このため、第 2 の電極と第 3 の電極との間の静電容量の影響を小さくするためには、第 3 の電極と駆動回路との間に第 2 の抵抗成分を接続し、第 3 の電極に印加される駆動電圧を制御することが望ましい。

【0014】

検出信号を生成するための回路の一形態は、第 1 の抵抗成分の両端の信号の排他的論理和を演算するための E X O R 回路と、この E X O R 回路の出力を平滑するための回路とを含む回路である。第 1 の抵抗成分の両端の電圧信号を検出する場合、プレート部分の外側に、水分などの誘電率の高い物質が増加すると、両端の電圧信号の変動の時間差（位相差）により E X O R 回路の出力のパルス幅が増加し、平滑回路により平滑された信号の電圧が増加する。したがって、測定対象が水分量であれば、プレート部分の外側の水分量に伴い電圧が増減する検出信号を出力できる。このため、検出信号を出力する装置と、検出信号に基づきプレート部分が接している部分の水分量を適当な関数などにより推定する機能を含む装置とを有するシステムにより、水分量を出力したり、水分量に対応する処理、例えば散水を自動的に行うことが可能となる。

【0015】

さらに、プレート部分に配置された温度測定用のサーミスタを有することが好ましい。物質の誘電率は温度により変動することがある。また、プレート部分を構成する非導電性材の誘電率などの計測側の条件も温度により変動することがある。したがって、静電容量の変動と共に、温度を測定することにより、静電容量の変動から得ようとしている物理量、例えば、水分量をより正確に算出することが可能となる。

【0016】

さらに、プレート部分の外側に配置された液体を吸収するための層をさらに有することが望ましい。例えば、プレート部分の外側に配置された多孔質の層をさらに有することが望ましい。土壌にプレート部分を差し込んだり、埋めた場合、土壌とプレート部分との間に隙間が生ずると、土壌の水分による静電容量の変動は小さくなり、水分量の測定精度が低下する要因となる。液体を吸収するための層、または多孔質の層をプレート部分の外側に配置し、プレート部分の外面に水分を含む層を形成することにより測定精度の低下を抑制できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

図 1 に、本発明の一実施形態の散水システムの概略構成を示している。この散水システム 1 は、植物 2 が植えられた土壌 3 に差し込まれたセンサー 10 と、このセンサー 10 からの信号を受けて水分量を求める機能を含む測定装置 5 と、測定装置 5 からの信号により散水を開始するスプリンクラー 9 とを含む。

【0018】

図 2 に、センサー 10 の概略構成を示している。図 2 (a) はセンサー 10 の平面図であり、図 2 (b) はセンサー 10 の側面図である。また、図 2 (c) はセンサー 10 のプレート部分 18 の周囲の面に吸水用の層 19 を設けたタイプを示している。このセンサー 10 は、第 1 の電極 11 と第 2 の電極 12 との間の静電容量 C_m の変化に基づく検出信号 S_d を出力するための装置である。センサー 10 は、平坦な帯状の第 1 の電極 11 および第 2 の電極 12 が表面に形成されたプリント基板 15 と、このプリント基板 15 を内部に

含むように、非導電性材のモールド樹脂 16 により平板状に成形されたプレート部分 18 とを含む。短冊状のプリント基板 15 を樹脂 16 によりモールドしたプレート部分 18 の全体形状は短冊状であり、先端 18a は土壌 3 に差し込みやすいように若干細くなっている。

【0019】

プレート部分 18 の基板 15 には、帯状の第 1 の電極 11 および第 2 の電極 12 がプレート部分 18 の幅方向 W に並列に、長手方向 L に延びるように配置されている。さらに具体的には、基板 15 の表面中央に、長手方向 L に略一直線に延びるように第 2 の電極 12 が配置され、基板 15 の表面の周囲に沿って、長手方向 L に長い U 字形の第 1 の電極 11 が、基板中央の第 2 の電極 12 を囲むように配置されている。基板 15 の一例は、ガラスエポキシ（ガラエポ）製であり、テフロン（登録商標）などの他の材料であっても良い。モールド樹脂 16 の一例は吸水性の小さなポリオレフィンである。プレート部分 18 はガラスなどの他の非導電性の材料により成形しても良い。

【0020】

プレート部分 18 の基板 15 には、さらに、並列に配置された第 1 の電極 11 および第 2 の電極 12 の間に第 3 の電極 13 が配置されている。第 3 の電極 13 も帯状であり、その幅（面積）は、第 2 の電極の幅（面積）よりも小さく、第 3 の電極 13 は、基板 15 の長手方向 L に長い U 字形であり、第 2 の電極 12 の近傍に、第 2 の電極 12 を囲むように配置されている。したがって、第 3 の電極 13 と第 2 の電極 12 との間隔 $Wd2$ は、第 3 の電極 13 と第 1 の電極 11 との間隔 $Wd1$ よりも狭い。第 1 の電極 11 の幅 $We1$ と、第 2 の電極 12 の幅 $We2$ と、第 3 の電極 13 の幅 $We3$ との比は、例えば、 $2.5:2.0:0.3$ である。また、第 1 の電極 11 と第 3 の電極 13 との間隔 $Wd1$ と、第 2 の電極 12 と第 3 の電極 13 との間隔 $Wd2$ との比は、 $2.2:1$ である。

【0021】

基板 15 の他方の端には波形発生・検出回路 20 が搭載され、モールド樹脂 16 によりプレート部分 18 と一体に覆われている。第 1 の電極 11、第 2 の電極 12 および第 3 の電極 13 は波形発生・検出回路 20 に接続され、これらの電極 11、12 および 13 により得られた電流または / および電圧信号は波形発生・検出回路 20 により処理され、検出信号 Sd がケーブル 29 を介して測定装置 5 に出力される。さらに、基板 15 には、センサー 10 の周囲の温度を計測できるサーミスタ 31 が搭載されている。

【0022】

図 3 に、センサー 10 の回路構成を示している。波形発生・検出回路 20 は、第 1 の電極 11 および第 2 の電極 12 の間の静電容量 Cm の変化を検出するための RC 回路を形成し、その時定数により変化する信号 Sd を出力する。波形発生・検出回路 20 は、第 1 の電極 11 と第 2 の電極 12 との間の静電容量 Cm と RC 回路を形成するための第 1 の抵抗成分 $R1$ と、RC 回路に周波数成分を含む電力を供給するための駆動回路 21 と、RC 回路の時定数の変化に基づき検出信号 Sd を生成するための信号生成回路 22 と、検出信号 Sd を温度補正するための回路 23 とを含む。信号生成回路 22 は、第 1 の抵抗成分 $R1$ の両端の電圧信号 $Sn1$ および $Sn2$ との排他的論理和を演算するための EXOR 回路 25 と、この EXOR 回路 25 の出力を平滑するための平滑回路 26 とを含む。

【0023】

図 4 に、各信号の波形の概要を示している。駆動回路 21 は、第 1 の抵抗成分 $R1$ を介して第 2 の電極 12 に接続され、センサー側となる第 2 の電極 12 に対し数 MHz の矩形波の信号 $Sn1$ を供給する。第 1 の電極 11 はコモン（グランド）に接続される。第 1 の電極 11 および第 2 の電極 12 はコンデンサとして働き、その容量 Cm により抵抗成分 $R1$ を介して得られる入力信号 $Sn2$ の波形は鈍る（遅れる）。したがって、遅れた波形となる入力信号 $Sn2$ と、元の矩形波の入力信号 $Sn1$ とのずれ（時間差、位相差）を EXOR 回路 25 により検出することにより、第 1 の電極 11 および第 2 の電極 12 の間の静電容量 Cm を検出することができる。駆動回路 21 は、RC 回路に周波数成分を含む電力を供給するための回路であり、第 2 の電極 12 に供給される信号 $Sn1$ は矩形波に限られ

ない。しかしながら、時間差を検出するために駆動する波形として矩形波は適当なものの1つである。

【0024】

この波形発生・検出回路20において、図4に破線で示すように、静電容量 C_m が増加すると、入力信号 S_{n2} のずれは大きくなり、入力信号 S_{n1} との時間差によりE XOR回路25から出力されるパルス状の信号 S_{n3} の幅が増加する。したがって、出力信号 S_{n3} を、抵抗およびコンデンサを用いた平滑回路26により平滑した検出信号 S_d の電圧 V_d は増加する。このため、センサー10の測定対象が水分量であれば、プレート部分18の外側の水分量に伴い電圧が増減する検出信号 S_d を出力できる。

【0025】

すなわち、静電容量 C_m は、センサー10のプレート部分18の外側にある物質50の誘電率により変動する。このため、センサー10の周囲の状況の変化を静電容量 C_m の変動として検出できる。例えば、センサー10が土壌3に埋設されていると、水の誘電率が高いので、土壌3の水分量により静電容量 C_m が増加し、検出信号 S_d の電圧が上昇する。したがって、測定装置5は、検出信号 S_d の電圧を適当な関数あるいはルックアップテーブルを用いて水分量に変換し、表示したり、スプリンクラー9を制御したりすることができる。

【0026】

水の誘電率は温度により変動する。したがって、水分量の変化がないのに、センサー10の周囲(土壌)の温度の変化により検出信号 S_d が変動する可能性がある。センサー10においては、プレート部分18にサーミスタ31を配置している。そして、温度補正回路23では、検出信号 S_d の出力にサーミスタ31の抵抗値を入れて分圧することにより、周辺の温度の変化により検出信号 S_d が変動するのを抑制している。

【0027】

さらに、静電容量 C_m は、プレート部分18の周囲の土壌の水分により大きく変動することが望ましい。したがって、第3の電極13を駆動回路21に接続することにより、矩形波の信号 S_{n1} により駆動し、グランド側となる第1の電極11と第3の電極13の間に、第1の電極11とセンサー側となる第2の電極12の間の電気力線(検出用の電場)をプレート部分18の外側に広げるのに適した電気力線(補助の電場)を形成するようにしている。

【0028】

図5に、本発明の実施形態と比較するためのセンサー90の概略構成を示している。このセンサー90は、第1の電極11と第2の電極12とが並列に配置されたプレート部分18を備えている。したがって、このセンサー90は、外界の状態を検出するための静電容量を形成するための平坦な第1の電極11および第2の電極12が、プレート部分18の内部において、それぞれの電極11および12の平坦な面が対向しないように、すなわち、それぞれの電極11および12の平坦な面がプレート部分18の平坦な面と平行するように、並列に配置されている点は、センサー10と共通する。これらの電極11および12が、樹脂あるいはガラスなどの非導電性材により成形されたプレート部分の厚方向に積層される代わりに、プレート部分の幅方向に並列に配置されている。このため、これらの電極11および12の平坦な面に対して垂直な方向に出る電気力線による電場71はプレート部分18の外側に延び、プレート部分18の外側に存在する物質50の誘電率の影響を受けやすくなる。このため、第1の電極11および第2の電極12の間の静電容量 C_m は、プレート部分18の周辺、すなわち、プレート部分18の外側に存在する物質50の誘電率の影響を受けて変動しやすい。

【0029】

このような電極配置を備えたセンサー90において、電極11および12は、ほぼ同じ大きさで良く、さらに、電極11および12は、面積の大きい方が周辺の水分などの物質50による静電容量 C_m の変化は大きい。さらに、電極11および12は、なるべく近い方が、周辺の物質50による静電容量 C_m の変化は大きい。しかしながら、電極11およ

10

20

30

40

50

び 12 が近いと、静電容量 C_m の変化が大きくなるはずであるが、プレート部分 18 の内部、すなわち、モールド樹脂 16 により影響を受ける静電容量が増大する傾向になる。このため、センサーを小さくするために、電極 11 および 12 が近すぎると、周辺の物質 50 により静電容量 C_m が変化する割合は小さくなる。

【0030】

電極 11 および 12 が並列に配置されたセンサー 90 は、測定用の電場 71 がプレート部分 18 の外側に広がるので、電極 11 および 12 の間の静電容量 C_m は、プレート部分 18 の周囲の物質 50 による影響を受け易く、周辺の物質 50、例えば、水分量の測定には適している。しかしながら、電極 11 および 12 の間隔が小さく、これらの電極の間の静電容量 C_m に占めるモールド樹脂 16 の容量の割合が大きいと、プレート部分 18 の周囲に水分などの誘電率の大きな物質が少ない場合でも、入力信号 S_{n1} と S_{n2} との時間差（位相のずれ）が大きくなり EXOR 回路 25 の出力 S_{n3} が飽和する可能性がある。検出用の抵抗成分 R_1 の値を下げることにより出力の飽和を抑制できる。また、抵抗成分 R_1 と並列に適当な容量 C を接続することにより位相のずれを小さくでき、出力の飽和を抑制できる。しかしながら、これらの方法では、周辺の物質 50 による静電容量 C_m の変化の割合を増やし、静電容量型のセンサーの感度をさらに向上することは難しい。

【0031】

図 6 に、センサー 90 のプレート部分 18 の周囲の面に吸水性がある層 19 を設けたタイプを示している。吸水層 19 は、例えば、セラミック層であり、周囲の物質 50 と同等の水分吸収力を備えていることが望ましい。例えば、センサー 90 の周囲の物質 50 が土であれば、吸水層 19 は、土と同程度の水分吸収力を備えていることが望ましい。そのような材質は、吸水性のある布、紙、樹脂、セラミックなどを含む。センサー 90 の測定対象が水分である場合は、モールド樹脂 16 の外側で、計測用の電場 71 の電気力線の密度が最も高い場所に吸水性の層 19 を配置することにより、容量 C_m は周囲の水分量の影響を受けて変動し易くなる。したがって、センサー 90 の感度を向上できる。吸水層 19 は、プレート部分 18 の表面 18s に、適当な吸水性の材料をコーティングしたり、貼り付けたりすることにより形成できる。また、吸水性の材料を鞘あるいはカバーのようにしてプレート部分 18 に被せても良い。

【0032】

図 7 に、上記とさらに異なるセンサー 92 の概略構成を示している。このセンサー 92 は、第 1 の電極 11 と第 2 の電極 12 とが並列に配置され、さらにそれらの電極 11 および 12 の中間に小さな第 3 の電極 13 が配置されたプレート部分 18 を備えている。このように 2 つの電極 11 および 12 の間に、第 3 の電極 13 を入れて、電極 11 および 13 との間にサブの電場 72 を形成することにより、電極 11 と電極 12 との間の電場 71 の電気力線がモールド樹脂 16 の内部を通過することを抑制できる。このサブの電場 72 は、プレート部分 18 の外側の物質 50 を経由する電場（電界）71 を遮断したり排除したりするものではなく、電極 11 および 12 により形成される電界 71 の内で、プレート部分 18 の内部を通過する電界成分をできるだけ少なくするためのものである。すなわち、狭い間隔で置かれた電極 11 および 12 の間に、電極 13 を入れると、電極 11 および 12 を結ぶ電気力線は、電極 11 および 12 を直線的に結ぶ代わりに、電極 13 の外側に広がり、プレート部分 18 の外側の物質 50 を通過する割合が増加する。

【0033】

さらに、図 3 に示すように、電極 11 と電極 13 との間隔を広げ、電極 12 と電極 13 との間隔を狭めることにより、電極 11 および 13 の間の電気力線が狭い範囲に集中するのを避けることができ、サブの電場 72 の広がりを大きくできる。このため、電極 11 および 12 を結ぶ電気力線の広がりがさらに大きくなり、モールド樹脂 16 の内部を通る電気力線を減らすことができ、同時に、メインの電場 71 をモールド樹脂 16 の外側へいっそう広げることができる。このため、電極 11 および 12 の間の静電容量 C_m が、プレート部分 18 の外側の物質 50 により変動する割合を大きくすることができる。

【0034】

10

20

30

40

50

このように、ガード用のサブの電場 7 2 を形成することにより、静電容量 C_m の感度を向上できる。サブの電場 7 2 の電気力線の集中を抑制するためには、第 1 の電極 1 1 と第 3 の電極 1 3 との間隔 $W_d 1$ と、第 2 の電極 1 2 と第 3 の電極 1 3 との間隔 $W_d 2$ との比は、1 : 1 より間隔 $W_d 2$ の方が狭く、間隔 $W_d 1$ の方が広いことが望ましい。間隔 $W_d 2$ に対して間隔 $W_d 1$ が広すぎると、電極 1 1 および 1 2 の間が開きすぎたり、電極 1 3 および 1 2 の間が狭すぎたりすることにより静電容量 C_m の感度を向上することに影響がある可能性がある。したがって、間隔 $W_d 1$ と間隔 $W_d 2$ との比は、1 : 1 より大きく、10 : 1 よりも小さい範囲が好ましく、1.5 : 1 から 4 : 1 の範囲であることがさらに好ましい。図 3 に示したセンサー 1 0 では、間隔 $W_d 1$ と $W_d 2$ との比は 2.2 : 1 にセットしている。

10

【0035】

サブの電界 7 2 は、メインの電界 7 1 をプレート部分 1 8 の外側に広げることを目的としており、静電容量 C_s は小さいことが望ましい。また、グランド側の電極 1 1 の面積のうち、第 3 の電極 1 3 と対になり、サブの電界 7 2 を形成するために割られる割合を小さくすることが望ましい。したがって、第 3 の電極 1 3 の面積（幅）は小さいことが望ましく、センサー側の第 2 の電極 1 2 の面積（幅）より少なくとも小さいことが望ましい。第 2 の電極 1 2 の幅 $W_e 2$ と、第 3 の電極 1 3 の幅 $W_e 3$ との比は、例えば、2 : 1 から 20 : 1 の範囲が好ましく、4 : 1 から 10 : 1 の範囲であることがさらに好ましい。図 3 に示したセンサー 1 0 では、電極の幅 $W_e 2$ と $W_e 3$ との比は 20 : 3 にセットしている。

20

【0036】

電極 1 3 の面積が小さくても、電極 1 2 と電極 1 3 とが近づくことにより、電極 1 2 に発生する信号が、電極 1 3 に印加される信号の影響を大きく受けてしまう場合がある。このため、図 3 に示すように、電極 1 3 と駆動回路 2 1 との間に抵抗成分 R_2 を入れて、第 3 の電極 1 3 へ供給される信号強度を適当な値に抑えることが望ましい。例えば、これらの電極 1 1、1 2 および 1 3 をモールドし、プレート部分 1 8 を形成する樹脂 1 6 の厚みは測定対象によって変わることがある。その場合、モールド樹脂 1 6 の厚みに対応して、電極 1 2 と電極 1 3 との間隔を調整すれば効率的に電場 7 1 を外側に広げて電気力線が測定対象の物質を効果的に通過するようにできる。そして、ガード用のサブの電場 7 2 の強度は、第 2 の抵抗成分 R_2 により制御できる。

30

【0037】

図 8 および図 9 は、波形発生・検出回路 2 0 の異なる例をそれぞれ示している。なお、これらの例でも、RC 回路を駆動するための駆動回路 2 1 および RC 回路を構成するための検出用の抵抗 R_1 は含まれているが、図面には省略している。これらの回路 2 0 は、サーミスタ 3 1 の信号を、そのまま測定装置 5 に供給することにより、測定装置 5 においてプレート部分 1 8 の温度を表示したり、プレート部分 1 8 の温度を用いて検出信号 S_d を補正し、水分量などに変換できるようにしている。図 8 に示した回路 2 0 は、静電容量 C_m の変化に基づく検出信号 S_d と、サーミスタ 3 1 の信号とを 4 線で出力するタイプである。図 9 に示した回路 2 0 は、検出信号 S_d と、サーミスタ 3 1 の信号とを 3 線で出力するタイプであり、ダイオード D_1 および D_2 を備えている。この回路 2 0 は、電源の投入方向を変えることにより、静電容量 C_m の測定と、サーミスタ 3 1 による温度の測定とを切り換えることができる。

40

【0038】

このように、第 1 の電極 1 1 と、第 2 の電極 1 2 と、それらの間の第 2 の電極 1 2 の側に配置された第 3 の電極 1 3 とを備えたセンサー 1 0 は、プレート部分 1 8 の外側に測定用の電場 7 1 を効率よく広げることができる。このため、センサー 1 0 は、プレート部分 1 8 の周辺の空間あるいは物質 5 0 の誘電率の変化を静電容量の変動として精度良く検出することができる。したがって、この静電容量型のセンサー 1 0 は、種々の用途に使用できる。特に、このセンサー 1 0 は、周辺の物質 5 0 の誘電率の変化に対する感度が高いため、誘電率の異なる物体の有無だけではなく、誘電率の異なる物体あるいは物質の密度あ

50

るいは濃度およびそれらの変動を検出する目的に適している。

【 0 0 3 9 】

図 1 および図 2 に示した例は、土壌 3 の水分量（水分濃度）を検出するためのセンサーであり、水分量の増加および減少を測定装置 5 で測定したり、予め設定された水分量によりスプリンクラー 9 を作動させることができる。スプリンクラー 9 を作動させるための水分量の設定値は、土壌 3 に植えられた植物 2 により変えることも可能である。センサー 10 の感度をさらに向上するためには、プレート部分 18 の周囲に隙間があるよりは、土壌 3 に密着していたり、あるいは少なくとも土壌 3 の水分濃度に対応する水分がプレート部分 18 の表面 18 s に存在することが好ましい。

【 0 0 4 0 】

図 2 (c) に示したセンサー 10 においては、プレート部分 18 の表面 18 s にセラミックの層 19 を形成している。セラミック層 19 は、部分的に土壌 3 に接していれば、土壌 3 の水分を吸水する。このため、プレート部分 18 の表面 18 s の全体が土壌 3 に接していなくても、プレート部分 18 の表面 18 s の多くの部分に土壌 3 の水分量に対応した水分が存在することになり、センサー 10 の感度をさらに向上できる。セラミック層 19 は、多孔質で吸水性があり、強度および耐久性も高く、センサー 10 のプレート部分 18 の表面 18 s をコーティングする材質として適している。セラミック層 19 の代わりに、吸水性のある布、紙、樹脂などをプレート部分 18 の表面 18 s に貼り付けたり、塗布したり、成形しても良い。

【 0 0 4 1 】

センサー 10 は、土壌に限らず、他の粉体あるいは粒体に含まれる水分量を検出したり、誘電率の異なる物体の有無を検出したりするなどの用途にも用いることができる。また、図 2 に示した電極のセンサーの形状および電極の配置は一例であり、これに限られない。例えば、電極は直線的に延ばしても良く、ジグザグに配置したり、螺旋状などの他の湾曲した形状になるように配置しても良い。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 4 2 】

【 図 1 】 散水システムの概略構成を示す図。

【 図 2 】 センサーの概略構成を示す図であり、図 2 (a) は平面図、図 2 (b) は側面図、図 2 (c) はセラミック層をさらに備えたセンサーの側面図。

【 図 3 】 センサーの回路構成を示す図。

【 図 4 】 センサーの回路の各信号を示す図。

【 図 5 】 センサー（比較例）の回路構成を示す図。

【 図 6 】 吸水層を設けた例を示す図。

【 図 7 】 異なるセンサーの回路構成を示す図。

【 図 8 】 波形発生・検出回路の異なる例を示す図。

【 図 9 】 波形発生・検出回路のさらに異なる例を示す図。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 3 】

1 散水システム、 3 土壌、 5 測定装置、 9 スプリンクラー
10 センサー、 11 第 1 の電極、 12 第 2 の電極、 13 第 3 の電極
15 基板、 16 モールド樹脂、 18 プレート部分
20 波形発生・検出回路、 21 駆動回路、 22 信号生成回路

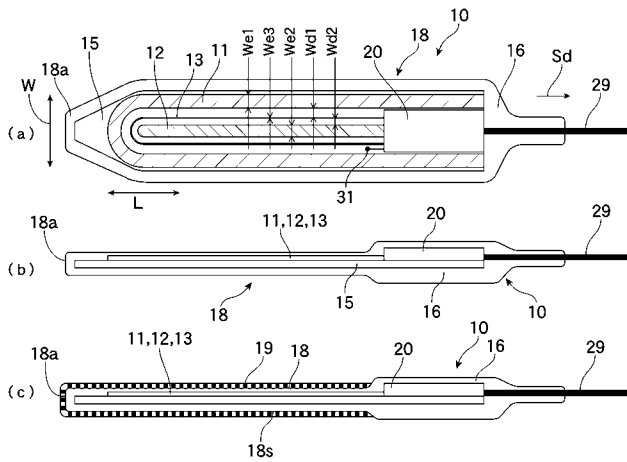
10

20

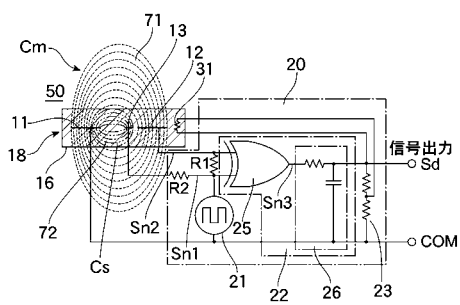
30

40

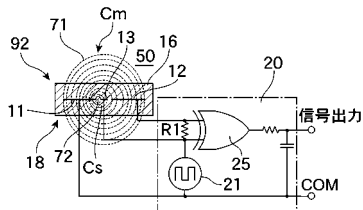
【図 2】



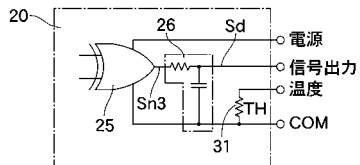
【図 3】



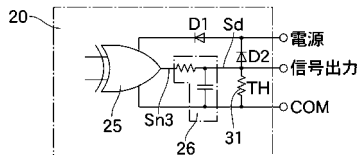
【図 7】



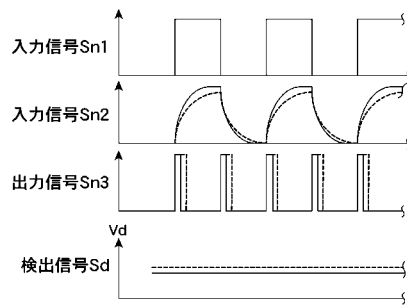
【図 8】



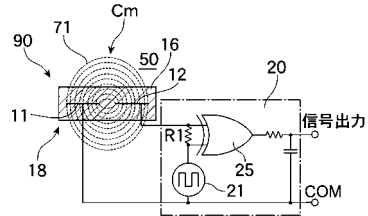
【図 9】



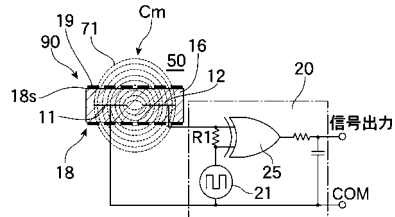
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【 図 1 】

